PART5 ミランコビッチサイクル

目標　ミランコビッチサイクルを構成する３つの要素について説明できる。

Chapter1　ミランコビッチサイクル

第四紀は，氷期と間氷期のくり返しに特徴づけられる時代です。ここでは，そのくり返しがどのように生じているかについて学びましょう。

地球の軌道要素

・地球の公転

地球は太陽を（中心 / 1 つの焦点）とする楕円を描いて太陽の周りを公転している。

知っておこう
惑星の公転については，天文分野で詳しく扱います。

・地球の自転

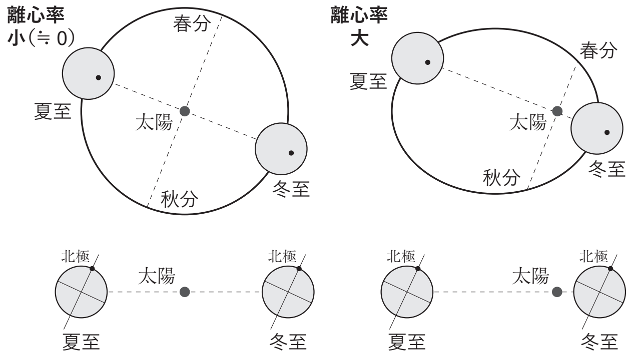
地球の自転軸は交点面と垂直な方向から約（23° / 67°）傾いている。

・地球の軌道要素

軌道長半径…………楕円軌道の半長軸の長さ
離心率………………楕円のつぶれ具合〔真円のとき 0〕
自転軸傾斜角………交点面と直交する方向と自転軸とのなす角
近日点を通る季節…公転軌道の長軸と自転軸の傾きの関係

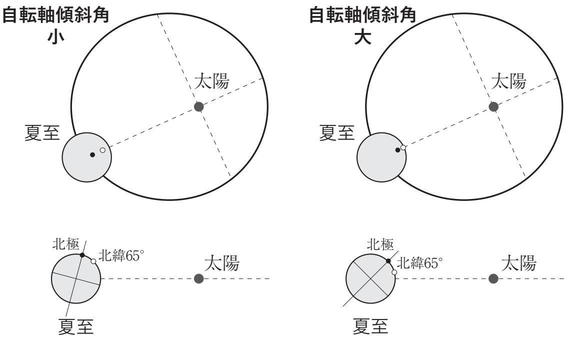
ミランコビッチサイクル

・離心率の変動



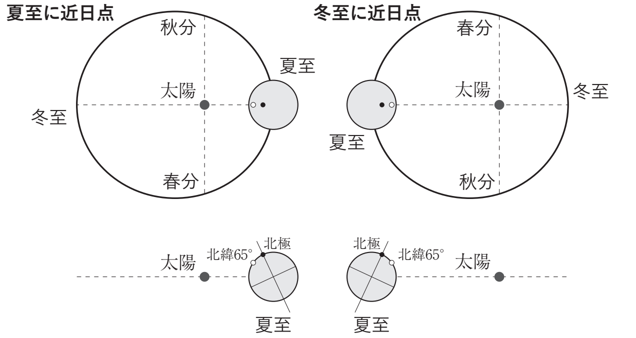
→離心率が大きいときの方が，地球全体が受ける日射量の季節変化や季節ごとの期間の長さの違いは（大きい / 小さい）。

・**自転軸傾斜角の変動**



→自転軸傾斜角が大きいときの方が，北半球高緯度が夏至の 1 日に受ける日射量は（大きい / 小さい）。

・**近日点を通る季節の変動〔歳差運動〕**



→冬至に近日点を通るときの方が，北半球高緯度が夏至の 1 日に受ける日射量は（大きい / 小さい）。

・**ミランコビッチサイクルと気候変動**

軌道要素の周期的な変動〔**ミランコビッチサイクル**〕によって，夏の北半球高緯度が受ける日射量も周期的に変化する。これが第四紀の氷期と間氷期のくり返しの原因となったと考えられている。

知っておこう

1920 年，セルビアのミランコビッチ (Milutin Milanković) は，地球の軌道要素の周期的な変動によって生じる，夏の北半球高緯度が受ける日射量の周期的な変動を計算によって求めました。また，その日射量が少なくなった時期と，過去の氷期の時期が対応していることを示しました。彼の研究は，天体物理学，気象学，古気候学を数値計算によって結び付けた先駆的で重要なものです。

まとめ

・地球の公転軌道の________，自転軸傾斜角，近日点を通る季節の周期的な変動を____________サイクルという。

・これらの変動は，日射量の変動を通じて第四紀の氷期と間氷期のくり返しの原因となったと考えられている。

Chapter2　演習問題

ここでは，第四紀の氷期と間氷期のくり返しについて，データを用いて確認しましょう。

問題⑴　海水の $^{18}O/^{16}O$ の変動について述べた下の文章中の（　　）について，正しいものを選びましょう。

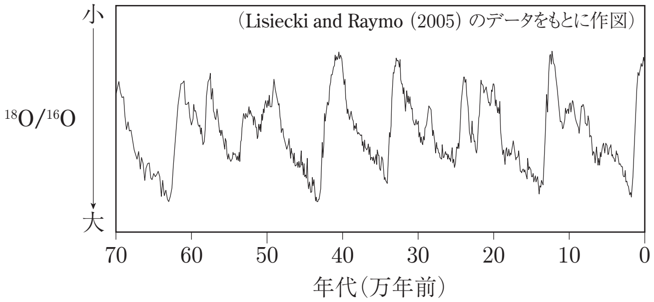
水分子は水素原子と酸素原子からなる。酸素は主要な安定同位体として ^{16}O と ^{18}O をもち，酸素原子のうち約 99.8% は ^{16}O，約 0.2% は ^{18}O である。ここでは，海水中の ^{18}O の増減を示す指標として $^{18}O/^{16}O$ を用いる。これは，^{16}O に対して ^{18}O が何倍存在するかを表している。

氷床の氷を構成する水は，海水が蒸発することによって大気へと供給された水がもとになっている。氷床の量が一定のとき，蒸発による海水の減少と，降水や河川の流入などによる海水の増加はつり合っている。このとき，海水の $^{18}O/^{16}O$ の値はほぼ一定である。

ここで，氷床の量が増加していく時期について考えよう。水分子が氷として氷床に固定されていくので，蒸発による海水の減少量の方が，降水や河川の流入などによる海水の増加量よりも（多い / 少ない）といえる。

ところで，^{16}O と ^{18}O を比較したとき，^{18}O の方が原子 1 個あたりの質量が大きい。そのため，^{16}O を含む水分子とくらべて ^{18}O を含む水分子の方が（蒸発しやすい / 蒸発しにくい）。したがって，氷床の量が増加していく時期には海水中の ^{18}O の割合は（大きく / 小さく）なっていき，海水の $^{18}O/^{16}O$ の値は（大きく / 小さく）なっていくと考えることができる。

問題⑵ 次の図は，過去 70 万年間の海水の $^{18}O/^{16}O$ の変動を推定した例を示したものです。この図について述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選びましょう。



第四紀は氷床の存在する時代であり，気候変動によって氷床量も変動してきた時代である。**問題⑴**の議論をもとにしてこの図の縦軸を氷床の量と対応させると，図の上側が氷床の（多い / 少ない）環境を示しているといえる。この図からは，氷床量がゆっくりと（増加 / 減少）する時期と急激に（増加 / 減少）する時期が平均約（2 万年 / 10 万年）の周期でくり返されてきたようすが読み取れる。

問題⑶ 氷床量の変動とミランコビッチサイクルについて述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選びましょう。

第四紀において，氷床量の変動が大きいのは北半球である。さらに，北半球の氷床の発達に対して大きな影響をもつのは，北緯 65°付近における（夏 / 冬）の日射量である。これは，氷床の南限付近で（夏に氷床があまり融けない / 冬に氷床が多く形成される）ことが氷床の発達に対して重要であることに対応している。この日射量は周期的に変動していることが知られており，その原因は地球の軌道要素の周期的な変動である。この周期的な変動をミランコビッチサイクルという。

第 11 講　PART5　確認問題

問 1　次の文章を読み，下の問いに答えよ。

地球の気候は，太陽から受け取る熱に大きく影響を受け，周期的な変化をしている。セルビアの気象学者（　ア　）は，天体物理学や気象学，古気候学を使って数値計算を行い，a地球の軌道要素の周期的な変動により，b地球が受ける日射量の周期的な変化が生じていることを説明した。地球の軌道要素の周期的な変動を（　ア　）サイクルといい，これが（　イ　）の氷期と間氷期のくり返しの原因となったと考えられている。

(1)　空欄アに入る人物の名前として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　モホロビチッチ　　②　ベニオフ
③　ウィルソン　　④　ミランコビッチ

(2)　下線部 a について，（　ア　）が計算したものとして間違っているものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　自転周期の変動
②　自転軸傾斜角の変動
③　近日点を通る季節の変動
④　離心率の変動

(3)　下線部 b について，地球の北半球高緯度地域が夏至の日に受ける日射量が大きくなるときとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　離心率が大きいとき
②　離心率が小さいとき
③　自転軸傾斜角が大きいとき
④　自転軸傾斜角が小さいとき

⑷　空欄イに入る語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　白亜紀　　②　古第三紀
③　新第三紀　　④　第四紀

第 11 講　地球の歴史

PART1　造岩鉱物の性質

問題⑴　^{14}C，変化せず，減少する，12000 年

問題⑵　黒雲母やカリ長石，数十万年以上

PART2　全球凍結

問題⑴　約 23 ～ 22 億年前，約 7 ～ 6 億年前，角ばった

問題⑵　シアノバクテリア，オゾン層

PART3　顕生代の特徴的な環境変動

問題⑴　微生物，活発であり，ほとんど存在しなかった

問題⑵　赤い，黒い，FeS_2，酸素に乏しい

PART4　新生代の環境変動

問題⑴　南，北

問題⑵　小さい，古第三紀，ヒマラヤ山脈

PART5　ミランコビッチサイクル

問題⑴　多い，蒸発しにくい，大きく，大きく

問題⑵　少ない，増加，減少，10 万年

問題⑶　夏，夏に氷床があまり融けない

第11講　PART5　確認問題　解答

問1

(1)　④

解説：
このような結果を導き出したのはセルビアの気象学者ミランコビッチである。

(2)　①

解説：
離心率の周期的な変動，自転軸傾斜角の周期的な変動，近日点を通る季節の周期的な変動（歳差運動）をミランコビッチサイクルという。

(3)　③

解説：
自転軸傾斜角が大きいとき，北半球高緯度地域は太陽の方を向くので，受ける日射量は大きくなる。

(4)　④

解説：
第四紀は氷期と間氷期がくり返されている。